

明 細 書

無線送信装置、無線受信装置及び無線送信方法

技術分野

- [0001] 本発明は、特にモジュレーションダイバーシチ方式を用いた無線送信装置、無線受信装置及び無線送信方法に関する。

背景技術

- [0002] 近年、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式を用いたマルチキャリア通信装置が、マルチパスやフェージングに強く高品質通信が可能のため、高速無線伝送を実現できる装置として注目されている。さらにQPSK(Quadrature Phase Shift Keying)等の変調シンボルに対して、位相回転とインターリーブを行うことによりダイバーシチ効果を得ることができるモジュレーションダイバーシチ技術を用いることが提案されている。
- [0003] モジュレーションダイバーシチについては、例えば非特許文献1に記載されている。モジュレーションダイバーシチについて、図1を用いて簡単に説明する。図1では、一例として変調方式としてQPSK(Quadrature Phase Shift Keying)を用いる場合を示す。送信側では、先ずIQ平面にマッピングされたシンボルの位相を所定角度だけ回転させる。次に送信側は、I(同相)成分、Q(直交)成分用の別々の一様又はランダムインターリーブを用いて、I成分、Q成分をインターリーブする。これにより逆フーリエ変換(IFFT)後の信号は、インターリーブ前のシンボルのI成分とQ成分が異なるサブキャリアに割り当てられたものとなる。図1においては、I成分がサブキャリアBに割り当てられ、Q成分がサブキャリアAに割り当てられている。
- [0004] 受信側は、先ず高速フーリエ変換(FFT)を行うことにより、サブキャリアに重畳されたI成分及びQ成分を抽出する。次にデインターリーブを行うことにより、I成分、Q成分を元の配列に戻す。そして元に戻したI成分及びQ成分のコンスタレーションに基づいてデマッピング処理を行うことにより、受信データを得る。
- [0005] ここでサブキャリアAは回線状態が良く、サブキャリアBは回線状態が悪いとすると、図1に示すように、受信側では、Q成分方向に引っ張られたコンスタレーションとなる

。これにより、コンスタレーションでの信号点距離を比較的遠くに保つことができるようになるので、デマッピングの際にパケット内のビットを平均的に正しく復元できるようになる。このように、モジュレーションダイバーシチは、マルチパスフェージングによって各サブキャリアにフェージング変動が生じた場合でも、サブキャリア方向にSNR (Signal-to-Noise Ratio) を分散させて補正を行うのと同様の効果を得ることができる。この結果、変調シンボルが恰もAWGN(Additive White Gaussian Noise)通信路を伝送したかのような変動を受けるようになるので、ダイバーシチゲインを得ることができる。

[0006] 図2にモジュレーションダイバーシチ送信処理を行うマルチキャリア送信装置10の構成を示すと共に、図3にその信号を受信復調するマルチキャリア受信装置30の構成を示す。

[0007] マルチキャリア送信装置10は、モジュレーションダイバーシチ変調部11を有し、送信データをモジュレーションダイバーシチ変調部11のマッピング部12に入力する。マッピング部12はBPSK(Binairphase Phase Shift Keying)や、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)、16QAM(Quadrature Amplitude Modulation)等の変調方式に応じて、送信データをIQ平面上のシンボルにマッピングする。

[0008] マッピング後のシンボルは、位相回転部13において、所定角度だけ位相が回転される。位相が回転されたシンボルは、IQ分離部14によってI成分とQ成分に分離される。分離されたI成分又はQ成分は、それぞれバッファ15、16に一旦蓄積される。バッファ16に蓄積されたQ成分は、インターリーブ部17によりインターリーブされた後、合成部18に送出される。なお、図2では、Q成分をインターリーブする場合について説明するが、I成分にインターリーブ処理を施すようにしてもよく、さらにはI成分とQ成分の両方にインターリーブ処理を施すようにしてもよい。

[0009] 合成部18は、バッファ15から出力されたI成分とインターリーブ部17から出力されたQ成分を合成することによりコンスタレーションに戻す。これにより、モジュレーションダイバーシチシンボルが得られる。モジュレーションダイバーシチシンボルはシリアルパラレル変換部(S/P)19及び逆高速フーリエ変換部(IFFT)20により所定のサブキャリアに重畳される。つまり、シリアルパラレル変換部(S/P)19及び逆高速フーリエ変

換部 (IFFT) 20は、モジュレーションダイバーシチシンボルを互いに直交する複数のサブキャリアのいずれかに割り当てて、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルによって各サブキャリアを順次変調する。

[0010] このようにマルチキャリア送信装置10においては、インターリーブ17によってQ成分をインターリーブしているため、I成分はあるサブキャリアに固定されるが、Q成分はインターリーブパターンに応じて配置されるサブキャリアが変化することになる。IFFT処理後の信号は、無線送信部21によってアナログディジタル変換処理やアップコンバート等の無線送信処理が施された後、アンテナ22を介して送信される。

[0011] マルチキャリア送信装置10から送信された信号を受信復調するマルチキャリア受信装置30は、モジュレーションダイバーシチ復調部31を有する。マルチキャリア受信装置30は、アンテナ32で受信した無線信号に対して無線受信部33によってダウンコンバートやアナログディジタル変換処理等の無線受信処理を施した後、高速フーリエ変換部 (FFT) 34に送出する。FFT部34は各サブキャリアに重畳されたモジュレーションダイバーシチシンボルを抽出する。抽出されたモジュレーションダイバーシチシンボルは位相補償部35によって伝搬時に生じた位相変動が補償される。位相補償されたモジュレーションダイバーシチシンボルは、モジュレーションダイバーシチ復調部31のIQ分離部36に送出される。

[0012] IQ分離部36は、各シンボルをI成分とQ成分に分離する。そしてIQ分離部36は、分離した成分のうち送信側でインターリーブされなかった方の成分をバッファ37を介してそのまま合成部40に送出すると共に、送信側でインターリーブされた方の成分をバッファ38を介してデインターリーブ39に送出する。デインターリーブ39は、インターリーブ17と逆の処理を行うことにより、インターリーブされた成分を元の配列に戻し、これを合成部40に送出する。この結果、合成部40では、合成結果として元のI成分とQ成分の対からなるシンボルが得られる。

[0013] 位相回転部41は、合成後のシンボルの位相を、送信側の位相回転部13と同じ角度だけ逆方向に回転させる。デマッピング部42は位相回転後のシンボルをデマッピングすることにより受信データを出力する。

[0014] ここで図4に、マッピング部12によってQPSK変調を施すと共に、位相回転部13に

よって26. 6° の位相回転処理を施した場合の変調シンボルの様子を示す。図4からも明らかなように、変調シンボルは16QAM上の点に26. 6°だけ傾いて配置される。

[0015] また図5に、合成部18による合成時のI成分とQ成分の様子を示す。図5における数字「1」〜「4」は、4つのQPSKシンボルの番号を示す。I成分はインターリーブされないので変調シンボルのI成分は、そのままの順序で合成部18に入力される。これに対して、Q成分はインターリーブにより順序が並べ替えられて合成部18に入力される。

[0016] ここでマッピング部12による変調後の4シンボルを、 $S^0 = [S_1^0 \ S_2^0 \ S_3^0 \ S_4^0] = [(1 \ 1), (-1 \ 1), (1 \ -1), (-1 \ -1)]$ と表現する。但し、下付の添え字「1」〜「4」はQPSKにより得られる4つのシンボルそれぞれを示すものとし、上付きの添え字「0」は送信シンボルを示すものとする。そして例えばシンボル1をI成分及びQ成分を用いて、 $S_1^0 = (S_{1I}^0, S_{1Q}^0)$ のように表現するものとする。

[0017] 図5に示すようなインターリーブパターンでQ成分をインターリーブした場合、合成部18によって得られるシンボルSは、 $S = [(S_{1I}^0, S_{4Q}^0), (S_{2I}^0, S_{1Q}^0), (S_{3I}^0, S_{2Q}^0), (S_{4I}^0, S_{3Q}^0)] = [(1 \ 1 \ -1 \ -1), (-1 \ 1 \ 1 \ 1), (1 \ -1 \ -1 \ 1), (-1 \ -1 \ 1 \ -1)]$ と表現できる。これは、インターリーブパターンに応じて16QAM上の点のうちのいずれかを送信することに相当する。

[0018] 受信側では、送信側で図5のインターリーブパターンを用いたとすると、もともとの1シンボル目は、受信した1シンボル目と2シンボル目で伝送されているので、もともとの1シンボル目を得るには、受信シンボルをI成分とQ成分に分離し、そのうちQ成分をデインターリーブし、もともとの1シンボル目を合成により得るようにすればよい。ここで受信されるシンボルを、 $S^r = S_1^r, S_2^r, S_3^r, S_4^r$ と表現したとき(但し、下付の添え字「1」〜「4」はそれぞれ異なるシンボルを示し、上付きの添え字r1は受信シンボルを示す)の、もともとの1シンボルを合成によって得る場合のコンスタレーションを、図6に示す。図6の4点が受信候補点となる。なお図6では、 $|S_{1I}^r|$ と $|S_{2Q}^r|$ の長さをほぼ等しく示したが、実際にはシンボルの受けるフェージング等の違いにより長さは異なり、図の4点は平行四辺形となる。

- [0019] このように、もともとの1シンボルの各成分を異なるシンボルで伝送することで、受信側で元に戻したシンボルの各成分の両方が小さくなってしまふことを回避することがモジュレーションダイバーシチ方式の特徴である。特にOFDMに用いると、各サブキャリアが異なるフェージングを受けるので、大きなダイバーシチゲインを得ることができるようになる。

非特許文献1: Signal space diversity: a power- and bandwidth-efficient diversity technique for the Rayleigh fading channel Boutros, J.; Viterbo, E.; Information Theory, IEEE Transactions on , Volume: 44 Issue: 4 , Jul 1998 , Page(s): 1453-1467

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0020] ところで、上述したようなモジュレーションダイバーシチでは、もともとのシンボルのI成分とQ成分のうち、どちらかの成分のゲインがある程度維持されていれば、元のデータを正しく復元できる可能性が高くなる。例えば、図5に示すように、シンボル1のI成分がサブキャリア1に配置され、Q成分がサブキャリア2に配置された状況では、サブキャリア1の回線品質が悪くてもサブキャリア2の回線品質が良ければ、シンボル1の判定誤りを小さくすることができる。同様に、シンボル2について見れば、I成分が配置されたサブキャリア2とQ成分が配置されたサブキャリア3のいずれかの回線品質が良ければ、シンボル2の判定誤りを小さくすることができる。

- [0021] しかし、サブキャリア1とサブキャリア2の回線品質の両方が悪い場合には、シンボル1の判定誤りは大きくなり、同様に、サブキャリア2とサブキャリア3の回線品質の両方が悪い場合には、シンボル2の判定誤りは大きくなる。

- [0022] 本発明の目的は、モジュレーションダイバーシチ送信処理を行うにあたって、一段とダイバーシチ効果を高めることができる無線送信装置及び無線送信方法を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0023] 本発明では、モジュレーションダイバーシチ処理を行うにあたって、もともとのシンボルを2ランク以上高い多値数の信号点に配置するように位相回転処理を施すと共に

、I成分及び又はQ成分に対して複数回のインターリーブ処理を施す。

[0024] 本発明の無線送信装置は、変調シンボルの位相を回転させて前記変調シンボルの信号点を2ランク以上高い多値変調の信号点に配置する位相回転手段と、位相回転後の前記変調シンボルのI成分及び又はQ成分に対して複数回のインターリーブ処理を施す複数のインターリーバとを具備する構成を採る。

[0025] この構成によれば、もとの変調シンボルが2ランク以上高い多値数のシンボルに分散されて配置されるようになるので、ダイバーシチ効果を高めることができるようになる。例えばもとの変調シンボルがQPSKシンボルの場合には、これが256QAM以上の多値数のシンボルに分散されて配置される。

[0026] 本発明の無線送信装置は、送信データをI成分及びQ成分からなる変調シンボルにマッピングする変調手段と、変調シンボルの位相を所定角度回転させて前記変調シンボルの信号点を2ランク高い多値変調の信号点に配置する位相回転手段と、位相回転後の変調シンボルを、所定角度回転させたIQ軸を基準にして、I成分とQ成分とに分離する第1のIQ分離手段と、前記第1のIQ分離手段により分離されたI成分及び又はQ成分をインターリーブする第1のインターリーバと、前記第1のインターリーバから出力されたI成分とQ成分とを合成する第1のIQ合成手段と、前記第1のIQ合成手段により得られた変調シンボルをI成分とQ成分とに分離する第2のIQ分離手段と、前記第2のIQ分離手段により分離されたI成分及び又はQ成分をインターリーブする第2のインターリーバと、前記第2のインターリーバから出力されたI成分とQ成分とを合成する第2のIQ合成手段と、前記第2のIQ合成手段により得られたシンボルを送信する送信手段とを具備する構成を採る。

[0027] この構成によれば、先ず、位相回転手段によって、もともとの変調シンボルが、変調多値数が2ランク高い信号点上に配置される。すなわち変調シンボルがQPSKであれば256QAM上に所定角度だけ傾いて配置される。次に、第1のIQ分離手段によって256QAM上で所定角度傾いた16QAM上に存在するQPSKシンボルのI成分とQ成分が分離され、これが第1のインターリーバによってインターリーブされ、第1のIQ合成手段で合成されることにより、もともとのQPSKシンボルが256QAM上で所定角度傾いた16QAM上に分散される。次に、第2のIQ分離手段で分離されたIQ成

分が第2のインターリーブによってインターリーブされ、第2のIQ合成手段で合成されることにより、もともとのQPSKシンボルが256QAM上に分散される。この結果、もともとの変調シンボルは、変調多値数が2ランク上の信号点上に分散して配置されるので、大きなダイバーシチ効果を得ることができるようになる。例えばQPSKシンボルについては、従来のモジュレーションダイバーシチが2シンボル分のダイバーシチゲインを得ることができるのに対して、最大で4シンボル分のダイバーシチゲインを得ることができるようになる。

[0028] 本発明の無線送信装置は、送信データをI成分及びQ成分からなる変調シンボルにマッピングする変調手段と、前記変調シンボルの位相を所定角度回転させて変調シンボルの信号点を1ランク高い多値変調の信号点に配置する第1の位相回転手段と、位相回転後の変調シンボルをI成分とQ成分とに分離する第1のIQ分離手段と、前記第1のIQ分離手段により分離されたI成分及び又はQ成分をインターリーブする第1のインターリーブと、前記第1のインターリーブから出力されたI成分とQ成分とを合成する第1のIQ合成手段と、第1のIQ合成手段により得られた変調シンボルの位相を所定角度回転させて当該変調シンボルの信号点を1ランク高い多値変調の信号点に配置する第2の位相回転手段と、位相回転後の変調シンボルをI成分とQ成分とに分離する第2のIQ分離手段と、前記第2のIQ分離手段により分離されたI成分及び又はQ成分をインターリーブする第2のインターリーブと、前記第2のインターリーブから出力されたI成分とQ成分とを合成する第2のIQ合成手段と、前記第2のIQ合成手段により得られたシンボルを送信する送信手段とを具備する構成を採る。

[0029] この構成によれば、まず、第1の位相回転手段によって、もともとの変調シンボルが、変調多値数が1ランク高い信号点上に配置される。すなわち変調シンボルがQPSKであれば16QAM上に所定角度だけ傾いて配置される。次に、第1のIQ分離手段によって分離されたI成分及び又はQ成分が第1のインターリーブによってインターリーブされ、第1のIQ合成手段で合成されることにより、もともとのQPSKシンボルが16QAM上に分散される。次に、第2の位相回転手段によって、16QAMシンボルが、変調多値数が1ランク高い信号点上に傾いて配置される。すなわち16QAMシンボルが256QAM上に所定角度だけ傾いて配置される。次に、第2のIQ分離手段によ

って分離されたI成分及び又はQ成分が第2のインターリーブによってインターリーブされ、第2のIQ合成手段で合成されることにより、もともとのQPSKシンボルが256QAM上に分散される。この結果、もともとの変調シンボルは、変調多値数が2ランク上の信号点上に分散して配置されるので、大きなダイバーシチ効果を得ることができるようになる。例えばQPSKシンボルについては、従来のモジュレーションダイバーシチが2シンボル分のダイバーシチゲインを得ることができるのに対して、最大で4シンボル分のダイバーシチゲインを得ることができるようになる。

- [0030] 本発明の無線送信装置は、前記変調手段が、QPSK変調を行い、前記位相回転手段が、 $26.6^\circ + 14.0^\circ$ 位相を回転させ、前記第1のIQ分離手段が、 14.0° 傾いたIQ軸を基準にしてI成分とQ成分とに分離する構成を採る。
- [0031] この構成によれば、QPSKシンボルから256QAMのモジュレーションダイバーシチシンボルを得ることができるようになる。
- [0032] 本発明の無線送信装置は、前記変調手段が、BPSK変調を行い、前記位相回転手段が、 $45.0^\circ + 26.6^\circ$ 位相を回転させ、前記第1のIQ分離手段が、 26.6° 傾いたIQ軸を基準にしてI成分とQ成分とに分離する構成を採る。
- [0033] この構成によれば、BPSKシンボルから16QAMのモジュレーションダイバーシチシンボルを得ることができるようになる。
- [0034] 本発明の無線送信装置は、前記変調手段が、QPSK変調を行い、前記第1の位相回転手段は 26.6° 位相を回転させると共に、前記第2の位相回転手段は 14.0° 位相を回転させる構成を採る。
- [0035] この構成によれば、QPSKシンボルから256QAMのモジュレーションダイバーシチシンボルを得ることができるようになる。
- [0036] 本発明の無線送信装置は、前記変調手段が、BPSK変調を行い、前記第1の位相回転手段は 45.0° 位相を回転させると共に、前記第2の位相回転手段は 26.6° 位相を回転させる構成を採る。
- [0037] この構成によれば、BPSKシンボルから16QAMのモジュレーションダイバーシチシンボルを得ることができるようになる。
- [0038] 本発明の無線送信装置は、前記送信手段が、前記第2のIQ合成手段により得られ

たシンボルを互いに直交する複数のサブキャリアのいずれかに割り当て、割り当てたシンボルによって各サブキャリアを変調して送信する構成を採る。

[0039] この構成によれば、本発明のモジュレーションダイバーシチによりもともとのシンボルが2ランク以上の多値数が大きいシンボルに分散され、そのシンボルが複数のサブキャリアに分散されて送信されるので、あるサブキャリアの回線品質が劣悪でももともとのシンボルが誤りなく伝送される確率を高めることができる。

[0040] 本発明の無線受信装置は、受信信号をI成分とQ成分とに分離するIQ分離手段と、分離されたI成分及び又はQ成分に対してデインターリーブ処理を施すデインターリーブ部と、デインターリーブ後の各成分を合成するIQ合成手段と、前記IQ合成手段により合成されたシンボルの位相を所定角度回転させる位相回転手段と、位相回転後のシンボルにおけるビット毎の対数尤度比(LLR)を算出し、そのビット毎のLLR値をI成分とQ成分に分離し、I成分及び又はQ成分のビット毎のLLR値に対してデインターリーブ処理を施し、デインターリーブ後のI成分とQ成分のLLR値を合成するLLR合成手段と、LLR合成されたシンボルをデマッピングして受信データを得る復調手段とを具備する構成を採る。

[0041] この構成によれば、IQ合成手段により得られる、もともとの変調シンボルよりも1ランク変調多値数の大きいシンボルは、シンボル毎にフェージングの受け方が異なるため、コンスタレーションが正方形とならない。しかし、LLR合成手段により、シンボルにおけるビット毎のLLR値を用いてLLR合成することでももとのシンボルのI成分、Q成分の情報を合成した後、復調するようにしたので、もとのシンボルを良好に復元して復調できるようになる。

発明の効果

[0042] 本発明によれば、ダイバーシチ効果を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0043] [図1]モジュレーションダイバーシチの説明に供する図

[図2]従来のモジュレーションダイバーシチ方式を適用したマルチキャリア送信装置の構成を示すブロック図

[図3]従来のマルチキャリア受信装置の構成を示すブロック図

[図4]位相回転後の変調シンボルの配置を示す図

[図5]合成時のI成分とQ成分の様子を示す図

[図6]もともとの1シンボルを合成によって得る場合のコンスタレーションを示す図

[図7]本発明の実施の形態1に係るマルチキャリア送信装置の構成を示すブロック図

[図8]位相回転後のQPSKシンボルの配置を示す図

[図9]合成部107による合成時のI成分とQ成分の様子を示す図

[図10]合成後のシンボル配置を示す図

[図11]合成部112による合成時のI成分とQ成分の様子を示す図

[図12]合成後のシンボル配置を示す図

[図13]本発明の実施の形態2に係るマルチキャリア送信装置の構成を示すブロック図

[図14]本発明の実施の形態3に係るマルチキャリア受信装置の構成を示すブロック図

[図15]16QAMのコンスタレーションを示す図

[図16]ビット毎のLLR計算の説明に供する図

[図17]LLR計算の説明に供する図

発明を実施するための最良の形態

[0044] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

[0045] (実施の形態1)

図7に、本発明を適用したマルチキャリア送信装置の構成を示す。マルチキャリア送信装置100は、送信データを変調手段としてのマッピング部101に入力する。マッピング部101はQPSK変調を行うことにより、IQ平面上の4つの信号点のいずれかに送信データをマッピングする。

[0046] マッピング後のシンボルは、位相回転部102において、 $26.6^{\circ} + 14.0^{\circ} = 40.6^{\circ}$ 位相が回転される。これにより、4つのQPSKシンボルは、図8に示すように、256QAMシンボル上に 40.6 だけ傾いて配置される。

[0047] 位相が回転されたシンボルは、IQ分離部103によってI成分とQ成分に分離される。ここでIQ分離部103は、通常のIQ軸から 14.0° 傾いたIQ軸を基準にしてI成分と

Q成分を分離する。具体的には、図8に示す通常のIQ軸を 14.0° 傾け、そのIQ軸に対するI成分とQ成分を分離する(これを変形IQ分離と呼ぶ)。

- [0048] 分離されたI成分、Q成分は、それぞれバッファ104、105に一旦蓄積される。バッファ105に蓄積されたQ成分は、インターリーバ106によりインターリーブされた後、合成部107に送出される。
- [0049] 図9に、合成部107による合成時のI成分とQ成分の様子を示す。図9における数字「1」〜「4」は、4つのQPSKシンボルの番号を示す。I成分はインターリーブされないので変調シンボルのI成分は、そのままの順序で合成部107に入力される。これに対して、変調シンボルのQ成分は、インターリーブにより順序が並べ替えられて合成部107に入力される。
- [0050] 合成部107は、バッファ104から出力されたI成分とインターリーバ106から出力されたQ成分を合成することによりコンスタレーションに戻す。これにより、合成部107から出力される合成後のシンボルは、図10に示すように、IQ軸から 26.6° 傾いた16 QAMの信号点配置となる。合成により得られたシンボルは、IQ分離部108に送出される。
- [0051] IQ分離部108は、入力されたシンボルをI成分とQ成分に分離する。ここでIQ分離部108は、上述したIQ分離部103とは異なり、変形IQ分離ではなく通常のIQ分離を行う。分離されたI成分、Q成分は、それぞれバッファ109、110に一旦蓄積される。バッファ110に蓄積されたQ成分は、インターリーバ111により2回目のインターリーブ処理が施された後、合成部112に送出される。
- [0052] 図11に、合成部112による合成時のI成分とQ成分の様子を示す。ここではインターリーバ111のインターリーブパターンとして、1番目に入力された信号を3番目に出力し、2番目に入力された信号を1番目に出力し、3番目に入力された信号を4番目に出力し、4番目に入力された信号を2番目に出力するパターンが設定されているものとする。因みに、上述した1つ目のインターリーバ106のインターリーブパターンは、図9からも分かるように、1番目に入力された信号を2番目に出力し、2番目に入力された信号を3番目に出力し、3番目に入力された信号を4番目に出力し、4番目に入力された信号を1番目に出力するパターンが設定されている。

- [0053] 図11における数字「1」～「4」は、4つのQPSKシンボルの番号を示す。ここで、1回目のインターリーブ後の信号(すなわち合成部107による合成前の信号)を、 $S^1 = [(S_{11}^0, S_{4Q}^0), (S_{2I}^0, S_{1Q}^0), (S_{3I}^0, S_{2Q}^0), (S_{4I}^0, S_{3Q}^0)]$ と表すと、2回目のインターリーブ後の信号(すなわち合成部112による合成前の信号)は、 $S^2 = [(S_{11}^1, S_{2Q}^1), (S_{2I}^1, S_{4Q}^1), (S_{3I}^1, S_{1Q}^1), (S_{4I}^1, S_{3Q}^1)]$ と表すことができる。ここで例えば S_{11}^1 は、図11からも明らかのように、もともとのQPSKシンボル1と4の成分をもっている。同様に、 S_{2Q}^1 はもともとのQPSKシンボル2と1の成分をもっている。
- [0054] 但し、上記表現において、下付の添え字「1」～「4」はQPSKにより得られる4つのシンボルそれぞれを示し、上付きの添え字「0」は送信シンボルを示し、上付きの添え字「1」は1回目のインターリーブ処理が施された後の信号を示すものとする。例えばマッピング部101によるマッピング処理後のシンボル1は、I成分及びQ成分を用いて、 $S_1^0 = (S_{1I}^0, S_{1Q}^0)$ のように表現されるものとする。
- [0055] 合成部112は、バッファ109から出力されたI成分とインターリーブ111から出力されたQ成分を合成することによりコンスタレーションに戻す。これにより、合成部112から出力される合成後のシンボルは、図12に示すように、256QAMの信号点配置となる。このように、2回のモジュレーションダイバーシチ処理が施されたモジュレーションダイバーシチシンボルが得られる。
- [0056] このモジュレーションダイバーシチシンボルはシリアルパラレル変換部(S/P)113及び逆高速フーリエ変換部(IFFT)114により所定のサブキャリアに重畳される。つまり、シリアルパラレル変換部(S/P)113及び逆高速フーリエ変換部(IFFT)114は、モジュレーションダイバーシチシンボルを互いに直交する複数のサブキャリアのいずれかに割り当てて、モジュレーションダイバーシチシンボルによって各サブキャリアを順次変調する。IFFT処理後の信号は、無線送信部115によってアナログディジタル変換処理やアップコンバート等の無線送信処理が施された後、アンテナ116を介して送信される。
- [0057] 次に、本実施の形態のマルチキャリア送信装置100の動作及び効果について説明する。マルチキャリア送信装置100においては、上述したように位相回転部102による $26.6^\circ + 14.0^\circ = 40.6^\circ$ の位相回転処理を行うと共に、合成部107によるIQ

合成処理とIQ分離部108によるIQ分離処理を挟んで、2回のインターリーブ処理を行うようにしたことにより、QPSKシンボルのIQ成分を256QAMの信号点上に分散して配置することができるようになる。この結果、QPSKシンボルについて、従来のモジュレーションダイバーシチが2シンボル分のダイバーシチゲインを得ることができるのに対して、最大で4シンボル分のダイバーシチゲインを得ることができるようになる。

[0058] 例えば図11に示すように、サブキャリア1には3番目のQPSKシンボルを除く3シンボル分の成分が配置され、サブキャリア2、3には4シンボル全ての成分が配置され、サブキャリア4には1番目のQPSKシンボルを除く3シンボル分の成分が配置されるようになる。図5に示したように各サブキャリアに2シンボル分の成分しか配置できない従来のモジュレーションダイバーシチ方式と比較すると、ダイバーシチ効果が格段に向上することが分かる。

[0059] 例えば、本実施の形態では、サブキャリア2の回線品質が良ければそれ以外のサブキャリアの回線品質が悪くても、サブキャリア2に4つのシンボル全ての成分が含まれているので、全てのシンボルの判定誤り特性をある一定以上に維持できる。これに対して、図5に示すような従来のモジュレーションダイバーシチでは、サブキャリア2の回線品質が良くてもそれ以外のサブキャリアの回線品質が悪いと、2つのシンボル1、2の判定誤り特性はある一定以上に維持できるが、2つのシンボル3、4の判定誤り特性を維持することはできなくなる。

[0060] かくして本実施の形態によれば、位相回転部102による $26.6^{\circ} + 14.0^{\circ} = 40.6^{\circ}$ の位相回転処理を行うと共に、合成部107によるIQ合成処理とIQ分離部108によるIQ分離処理を挟んで、2回のインターリーブ処理を行うようにしたことにより、モジュレーションダイバーシチ効果の向上したマルチキャリア送信装置100を実現できる。

[0061] (実施の形態2)

図7との対応部分に同一符号を付して示す図13に、本実施の形態のマルチキャリア送信装置の構成を示す。マルチキャリア送信装置200は、位相回転部201及びIQ分離部202の構成が異なることと、位相回転部203を有することを除いて、実施の形態1のマルチキャリア送信装置100と同様の構成でなる。

- [0062] 位相回転部201は、マッピング後のQPSKシンボルに対して 26.6° の位相回転処理を施す。これにより、4つのQPSKシンボルは、図4に示すように、16QAMシンボル上に 26.6° だけ傾いて配置される。
- [0063] IQ分離部202は、実施の形態1のIQ分離部103が変形IQ分離を行ったのに対して、通常のIQ分離を行う。すなわち、マルチキャリア送信装置200においては、合成部107までの処理を従来のモジュレーションダイバーシチと同様の処理を行う。
- [0064] 位相回転部203は、合成部107から出力されたシンボルの位相を、 14.0° 回転させる。これにより、図10に示すように、16QAMのシンボルが256QAMの信号点上に 14.0° だけ配置されるようになる。以下の処理は、実施の形態1と同様である。
- [0065] つまり、実施の形態1では位相回転部102によって $26.6^\circ + 14.0^\circ = 40.6^\circ$ の位相回転処理を行うことでQPSKシンボルを一気に256QAM上の信号点に傾けて配置し、IQ分離部103で変形IQ分離を行ったのに対して、この実施の形態では2つの位相回転部201、203を設けてQPSKシンボルを順次16QAM、256QAM上に所定角度だけ傾けて配置してインターリーブ処理を施すようになっている。
- [0066] かくして本実施の形態によれば、変調シンボルの位相を 26.6° 回転させる第1の位相回転部201と、第1のIQ分離部202と、第1のインターリーブ106と、第1のIQ合成部107と、合成されて得られたシンボルを 14.0° 回転させる第2の位相回転部203と、第2のIQ分離部108と、第2のインターリーブ111と、第2のIQ合成部112と、第2のIQ合成部112により得られたシンボルを送信する送信部とを設けたことにより、実施の形態1と同様にモジュレーションダイバーシチ効果の向上したマルチキャリア送信装置200を実現できる。
- [0067] (実施の形態3)
- この実施の形態では、実施の形態1や実施の形態2で説明したマルチキャリア送信装置からの信号を受信復調するマルチキャリア受信装置について提案する。図14に、本実施の形態のマルチキャリア受信装置の構成を示す。
- [0068] マルチキャリア受信装置300は、アンテナ301で受信した無線信号に対して無線受信部302によってダウンコンバートやアナログディジタル変換処理等の無線受信処理を施した後、高速フーリエ変換部(FFT)303に送出する。FFT部303は各サブキャ

リアに重畳されたモジュレーションダイバーシチシンボルを抽出する。抽出されたモジュレーションダイバーシチシンボルは位相補償部304によって伝搬時に生じた位相変動が補償される。位相補償されたモジュレーションダイバーシチシンボルは、IQ分離部305に送出される。

- [0069] IQ分離部305は、各シンボルをI成分とQ成分に分離する。そしてIQ分離部305は、分離した成分のうちI成分をバッファ306を介してそのまま合成部309に送出すると共に、Q成分をバッファ307を介してデインターリーブ308に送出する。デインターリーブ308は、インターリーブ111(図7、図13)と逆の処理を行うことにより、2回目のインターリーブでインターリーブされたQ成分を元の配列に戻し、これを合成部309に送出する。この結果、合成部309では、合成結果として16QAMのシンボルが形成される。合成部309の出力は位相回転部310に送出される。
- [0070] 位相回転部310は、入力された16QAMシンボルに対して、 -14.0° 位相を回転させる。これにより、位相が 26.6° 回転された16QAMのシンボルが得られる。この16QAMシンボルは、LLR合成部330のLLR計算部312に送出される。
- [0071] LLR計算部312は、入力した16QAMシンボルの対数尤度比(すなわちLLR:Log Likelihood Ratio)値を4ビット分求め、このLLR値を分離部311に送出する。LLR計算部312の処理について具体的に説明する。LLR計算部312に入力される16QAMのシンボルは以下の例で説明される。ここでQPSKのデータ(マッピング部101のデータ)を、(0, 0)、(1, 0)、(0, 1)、(1, 1)とし、図9に示すようなインターリーブパターンを用いたとすると、モジュレーションダイバーシチ合成後の出力は、図15に示すようなコンスタレーションで表されるどこかの点となる。図9のインターリーブパターンを用いたとすると、1シンボル目は(0, 0, 1, 1)となり、2シンボル目は(1, 0, 0, 0)となり、3シンボル目は(0, 1, 1, 0)となり、4シンボル目は(1, 1, 0, 1)となる。
- [0072] LLR計算部312はLLRをビット毎に計算する。1シンボル目のLLR計算について考える。図16に、ビット毎のLLR計算の様子を示す。図16において、○は0又は1の候補点を示し、●は受信点を示す。図からも明らかなように、1ビット目と2ビット目はI軸方向に候補点を置いて受信点と候補点との間でLLR計算を行ってビットの値(1または0)を求める。3ビット目と4ビット目はQ軸方向に候補点を置いて受信点と候補点

との間でLLR計算を行ってビットの値を求める。LLR計算は、周知のように、図17に示すように、雑音確率密度をP、原点から「0」の候補点までの距離をA、「1」の候補点までの距離を-A、受信点をxとし、雑音分散を σ^2 とすると、次式に示すようにして行う。

[数1]

$$LLR = \frac{e^{-(x+A)/2\sigma^2}}{e^{-(x-A)/2\sigma^2}} \quad \dots (1)$$

[0073] ここで、1ビット目と3ビット目、2ビット目と4ビット目が対になっているので、分離部311で各ビットのLLR値を分離した後、3ビット目、4ビット目をそれぞれデインターリーブ317、318でデインターリーブして、1ビット目とインターリーブ後の3ビット目を合成部319で合成すると共に、2ビット目とインターリーブ後の4ビット目を合成部320で合成する。これにより、QPSKシンボルが得られ、このQPSKシンボルがデマッピング部321によりデマッピングされて、受信データが得られる。

[0074] 次に、本実施の形態のマルチキャリア受信装置300の動作及び効果について説明する。マルチキャリア受信装置300は、まずIQ分離部305、デインターリーブ308及び合成部309によって、従来のモジュレーションダイバーシチの復調と同様の復調処理を行うことにより、16QAMのシンボルを形成する。

[0075] ところで、この際、シンボル毎にフェージングの受け方が異なるため、コンスタレーションが正方形とならない。そのため、従来と同様の復調処理では2回目の復調処理を行うことができない。そこで、マルチキャリア受信装置300においては、LLR計算部312によってビット毎の尤度を算出し、分離部311によってビット毎の尤度を分離する。そしてLLR合成処理を行うことにより、もとの変調シンボル(この実施の形態の場合にはQPSKシンボル)のI成分、Q成分を得る。これにより、送信側で複数回のモジュレーションダイバーシチ処理を行って送信したシンボルから元の変調シンボルを復元することができるようになる。

[0076] かくして本実施の形態によれば、LLR合成部330を設けるようにしたことにより、複数回のモジュレーションダイバーシチ処理が施された受信信号から元の変調シンボ

ルを良好に復元して受信信号を復調することができるようになる。

- [0077] なお上記各実施の形態では、Q成分をインターリーブする場合について説明したが、I成分をインターリーブするようにしてもよく、さらにはI成分とQ成分の両方をインターリーブするようにしてもよい。
- [0078] また上記実施の形態1では、マッピング部101でQPSK変調処理を行い、位相回転部102で $26.6^\circ + 14.0^\circ$ 位相を回転させ、IQ分離部103で 14.0° 傾いたIQ軸を基準にしてI成分とQ成分を分離することにより、QPSKシンボルから256QAMのモジュレーションダイバーシチシンボルを得るようにした場合について説明したが、本発明はこれに限らず、マッピング部101でBPSK変調処理を行い、位相回転部102で $45.0^\circ + 26.6^\circ$ 位相を回転させ、IQ分離部103で 26.6° 傾いたIQ軸を基準にしてI成分とQ成分を分離すれば、BPSKシンボルから16QAMのモジュレーションダイバーシチシンボルを得ることができるようになる。
- [0079] 同様に上記実施の形態2では、マッピング部101でQPSK変調処理を行い、位相回転部201で 26.6° 位相を回転させると共に、位相回転部203で 14.0° 位相を回転させることにより、QPSKシンボルから256QAMのモジュレーションダイバーシチシンボルを得るようにした場合について説明したが、本発明はこれに限らず、マッピング部101でBPSK変調処理を行い、位相回転部201で 45.0° 位相を回転させると共に、位相回転部203で 26.6° 位相を回転させれば、BPSKシンボルから16QAMのモジュレーションダイバーシチシンボルを得ることができるようになる。
- [0080] また上記各実施の形態では、位相回転角として具体的な数値を挙げて説明したが、一般的に、BPSK、QPSK、16QAM、64QAMなどの多値数が偶数のものについては、モジュレーションダイバーシチ変調を行うための各変調方式における位相回転角は、次式で表わされる。

[0081]
$$\tan(\theta) = 1/n \quad (n \text{は多値数}) \quad \cdots (2)$$

よって、本発明において、元の変調シンボルを2ランク以上高い多値数の信号点に配置するにあたっては、(2)式を考慮して位相回転処理を行うようにすればよい。因みに、上述した実施の形態で用いた、 26.6° は $\tan(\theta) = 1/2$ をみたす値であり、 14.0° は $\tan(\theta) = 1/4$ をみたす値であり、両方ともに(2)式に準ずる値である。

- [0082] さらに上記各実施の形態では、本発明を、マルチキャリア送信装置100、200に適用した場合について説明したが、本発明はマルチキャリア送信装置に限らず、モジュレーションダイバーシチ処理を行う場合に広く適用することができる。
- [0083] また、上記各実施の形態の説明に用いた各機能ブロックは、典型的には集積回路であるLSIとして実現される。これらは個別に1チップ化されても良いし、一部又は全てを含むように1チップ化されても良い。
- [0084] ここでは、LSIとしたが、集積度の違いにより、IC、システムLSI、スーパーLSI、ウルトラLSIと呼称されることもある。
- [0085] また、集積回路化の手法はLSIに限るものではなく、専用回路又は汎用プロセッサで実現しても良い。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA(Field Programmable Gate Array)や、LSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なリプログラマブル・プロセッサを利用しても良い。
- [0086] さらに、半導体技術の進歩又は派生する別技術によりLSIに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて機能ブロックの集積化を行っても良い。バイオ技術の適応等が可能性としてありえる。
- [0087] 本明細書は、2003年9月30日出願の特願2003-341653に基づくものである。この内容はすべてここに含めておく。

産業上の利用可能性

- [0088] 本発明は、例えばOFDM通信のようにさらなるモジュレーションダイバーシチ効果の向上が求められる無線通信方式に適用して好適である。

請求の範囲

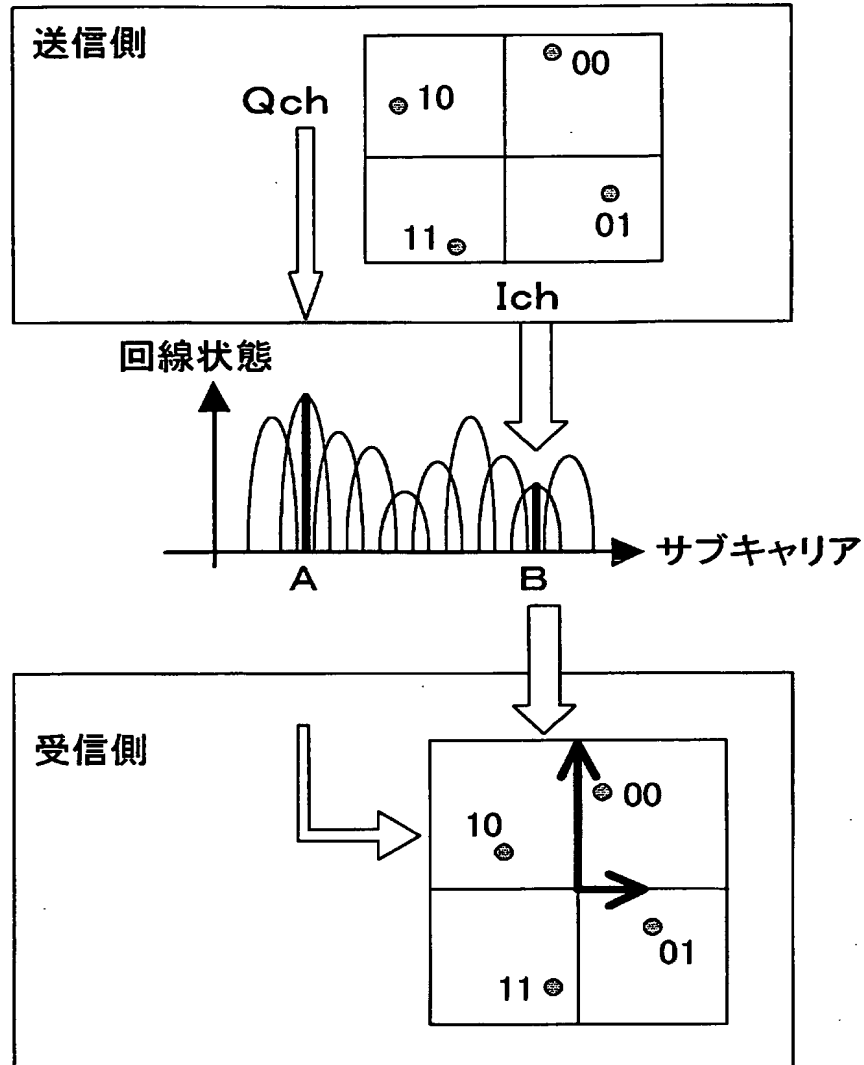
- [1] 変調シンボルの位相を回転させて前記変調シンボルの信号点を2ランク以上高い多値変調の信号点に配置する位相回転手段と、
位相回転後の前記変調シンボルのI成分及び又はQ成分に対して複数回のインターリーブ処理を施す複数のインターリーバと、
を具備する無線送信装置。
- [2] 送信データをI成分及びQ成分からなる変調シンボルにマッピングする変調手段と、
前記変調シンボルの位相を所定角度回転させて前記変調シンボルの信号点を2ランク高い多値変調の信号点に配置する位相回転手段と、
位相回転後の変調シンボルを、所定角度回転させたIQ軸を基準にして、I成分とQ成分とに分離する第1のIQ分離手段と、
前記第1のIQ分離手段により分離されたI成分及び又はQ成分をインターリーブする第1のインターリーバと、
前記第1のインターリーバから出力されたI成分とQ成分とを合成する第1のIQ合成手段と、
前記第1のIQ合成手段により得られた変調シンボルをI成分とQ成分とに分離する第2のIQ分離手段と、
前記第2のIQ分離手段により分離されたI成分及び又はQ成分をインターリーブする第2のインターリーバと、
前記第2のインターリーバから出力されたI成分とQ成分とを合成する第2のIQ合成手段と、
前記第2のIQ合成手段により得られたシンボルを送信する送信手段と、
を具備する請求項1に記載の無線送信装置。
- [3] 前記変調手段は、QPSK変調を行い、
前記位相回転手段は、 $26.6^{\circ} + 14.0^{\circ}$ 位相を回転させ、
前記第1のIQ分離手段は、 14.0° 傾いたIQ軸を基準にしてI成分とQ成分とに分離する、
請求項2に記載の無線送信装置。

- [4] 前記変調手段は、BPSK変調を行い、
前記位相回転手段は、 $45.0^\circ + 26.6^\circ$ 位相を回転させ、
前記第1のIQ分離手段は、 26.6° 傾いたIQ軸を基準にしてI成分とQ成分とに分離する、
請求項2に記載の無線送信装置。
- [5] 前記送信手段は、前記第2のIQ合成手段により得られたシンボルを互いに直交する複数のサブキャリアのいずれかに割り当て、割り当てたシンボルによって各サブキャリアを変調して送信する、
請求項2記載の無線送信装置。
- [6] 送信データをI成分及びQ成分からなる変調シンボルにマッピングする変調手段と、
前記変調シンボルの位相を所定角度回転させて前記変調シンボルの信号点を1ランク高い多値変調の信号点に配置する第1の位相回転手段と、
位相回転後の変調シンボルをI成分とQ成分とに分離する第1のIQ分離手段と、
前記第1のIQ分離手段により分離されたI成分及び又はQ成分をインターリーブする第1のインターリーバと、
前記第1のインターリーバから出力されたI成分とQ成分とを合成する第1のIQ合成手段と、
前記第1のIQ合成手段により得られた変調シンボルの位相を所定角度回転させて当該変調シンボルの信号点を1ランク高い多値変調の信号点に配置する第2の位相回転手段と、
位相回転後の変調シンボルをI成分とQ成分とに分離する第2のIQ分離手段と、
前記第2のIQ分離手段により分離されたI成分及び又はQ成分をインターリーブする第2のインターリーバと、
前記第2のインターリーバから出力されたI成分とQ成分とを合成する第2のIQ合成手段と、
前記第2のIQ合成手段により得られたシンボルを送信する送信手段と、
を具備する請求項1に記載の無線送信装置。
- [7] 前記変調手段は、QPSK変調を行い、

- 前記第1の位相回転手段は 26.6° 位相を回転させると共に、前記第2の位相回転手段は 14.0° 位相を回転させる、
請求項6に記載の無線送信装置。
- [8] 前記変調手段は、BPSK変調を行い、
前記第1の位相回転手段は 45.0° 位相を回転させると共に、前記第2の位相回転手段は 26.6° 位相を回転させる、
請求項6に記載の無線送信装置。
- [9] 前記送信手段は、前記第2のIQ合成手段により得られたシンボルを互いに直交する複数のサブキャリアのいずれかに割り当て、割り当てたシンボルによって各サブキャリアを変調して送信する、
請求項6に記載の無線送信装置。
- [10] 受信信号をI成分とQ成分とに分離するIQ分離手段と、
分離されたI成分及び又はQ成分に対してデインターリーブ処理を施すデインターリーブと、
デインターリーブ後の各成分を合成するIQ合成手段と、
前記IQ合成手段により合成されたシンボルの位相を所定角度回転させる位相回転手段と、
位相回転後のシンボルにおけるビット毎の対数尤度比 (LLR) を算出し、そのビット毎のLLR値をI成分とQ成分に分離し、I成分及び又はQ成分のビット毎のLLR値に対してデインターリーブ処理を施し、デインターリーブ後のI成分とQ成分のLLR値を合成するLLR合成手段と、
LLR合成されたシンボルをデマッピングして受信データを得る復調手段と、
を具備する無線受信装置。
- [11] 送信データに対してモジュレーションダイバーシチ処理を施して送信する無線送信方法であって、
送信データを変調シンボルにマッピングするステップと、
前記変調シンボルの位相を回転させて前記変調シンボルの信号点を2ランク以上高い多値変調の信号点に配置するステップと、

位相回転後の前記変調シンボルのI成分及び又はQ成分に対して複数回のインターリーブ処理を施すステップと、
を含むことを特徴とする無線送信方法。

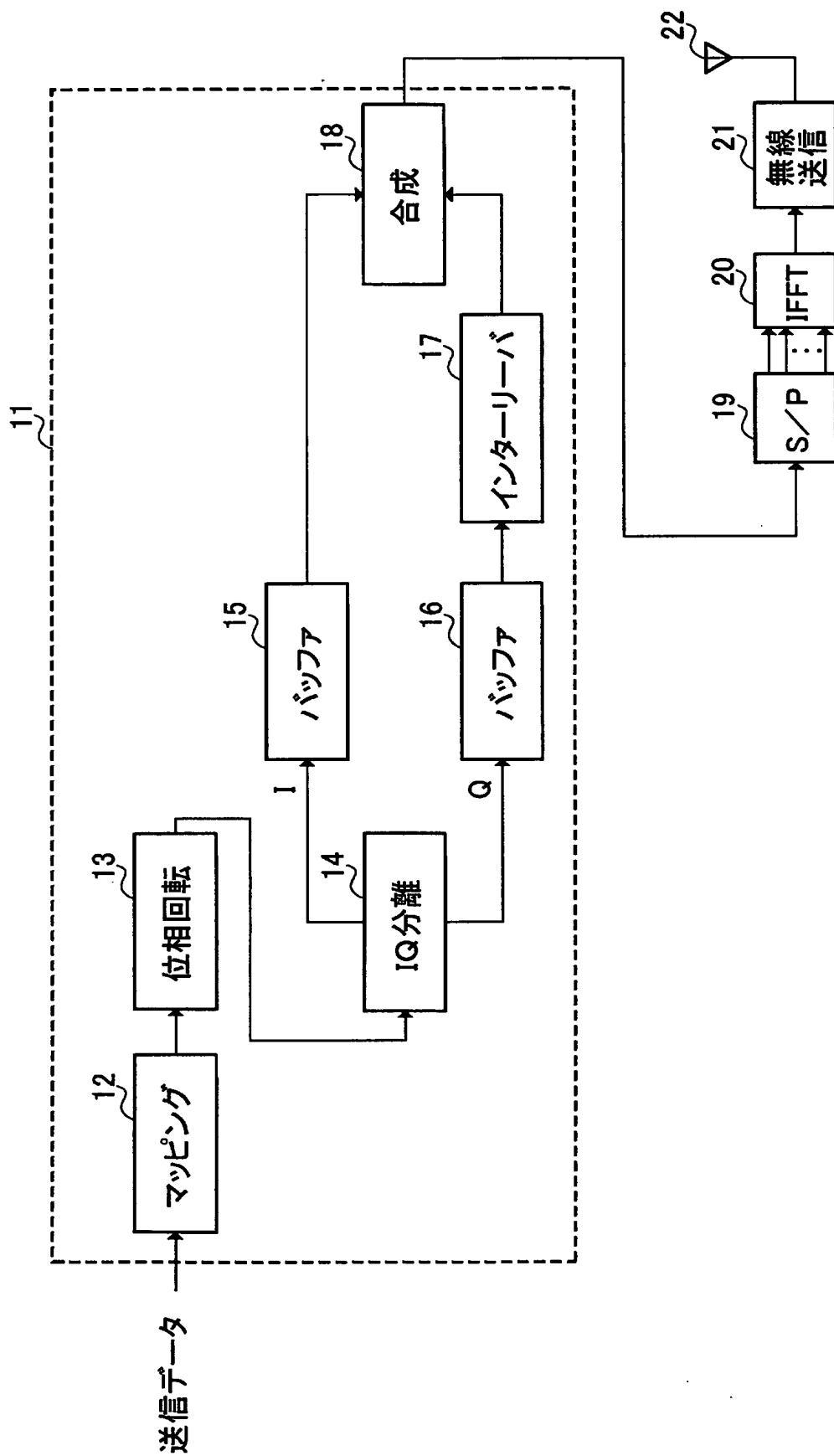
[図1]



PRIOR ART

[図2]

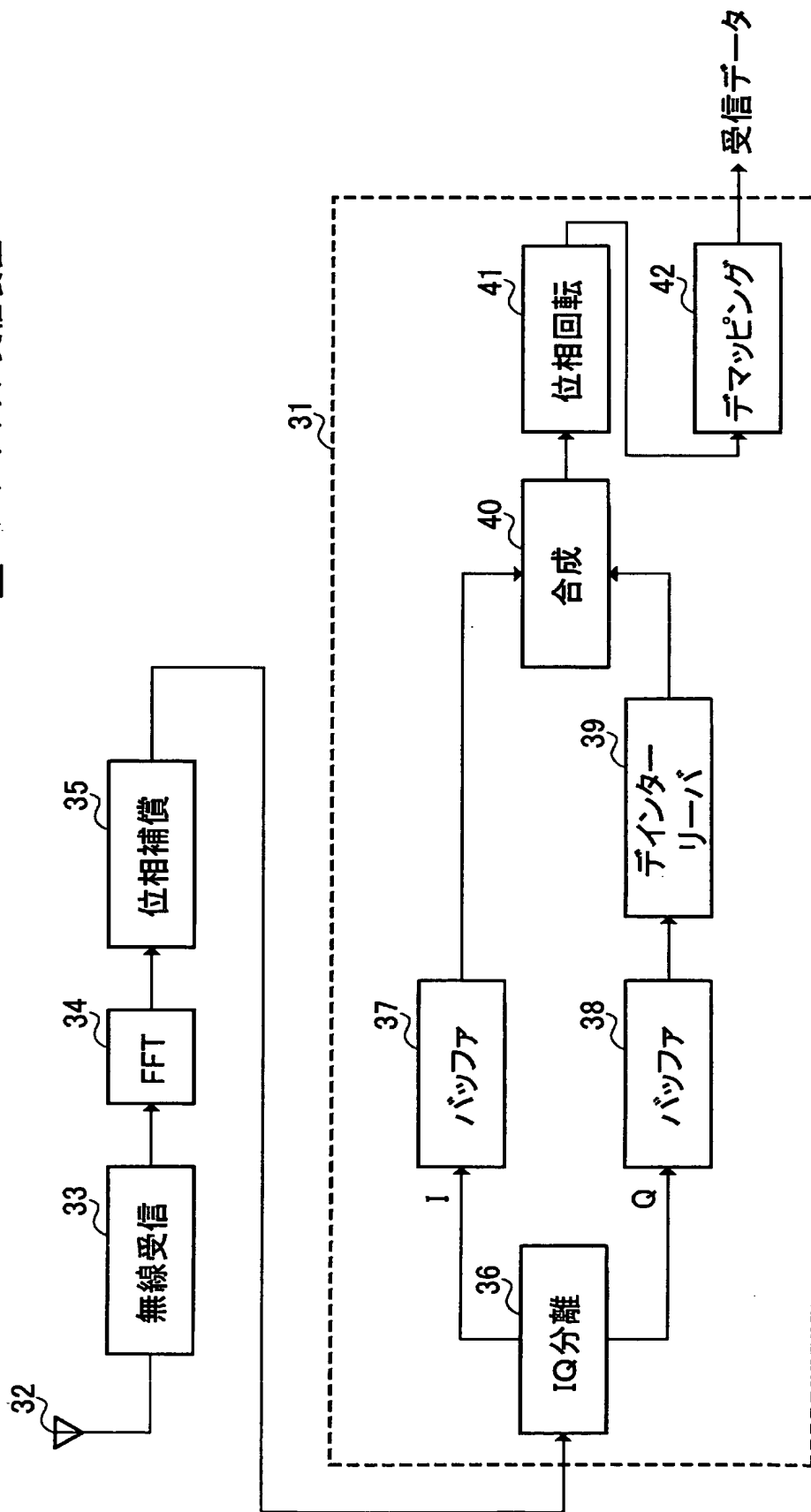
10 マルチキャリア送信装置



PRIOR ART

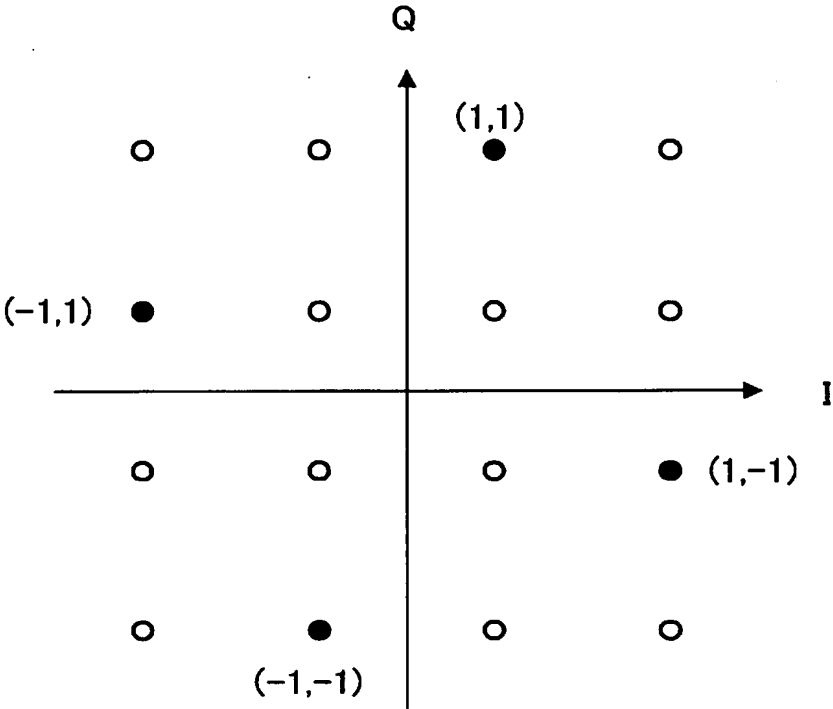
[図3]

30 マルチキャリア受信装置



PRIOR ART

[図4]



[図5]

I成分	1	2	3	4
Q成分	4	1	2	3

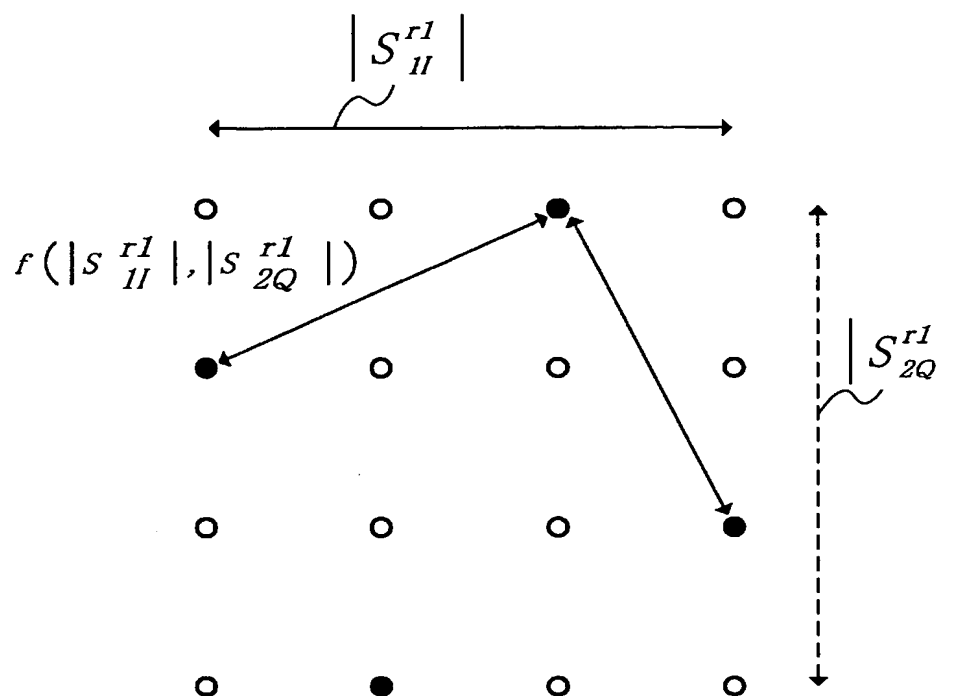
サブキャリア1

サブキャリア2

サブキャリア3

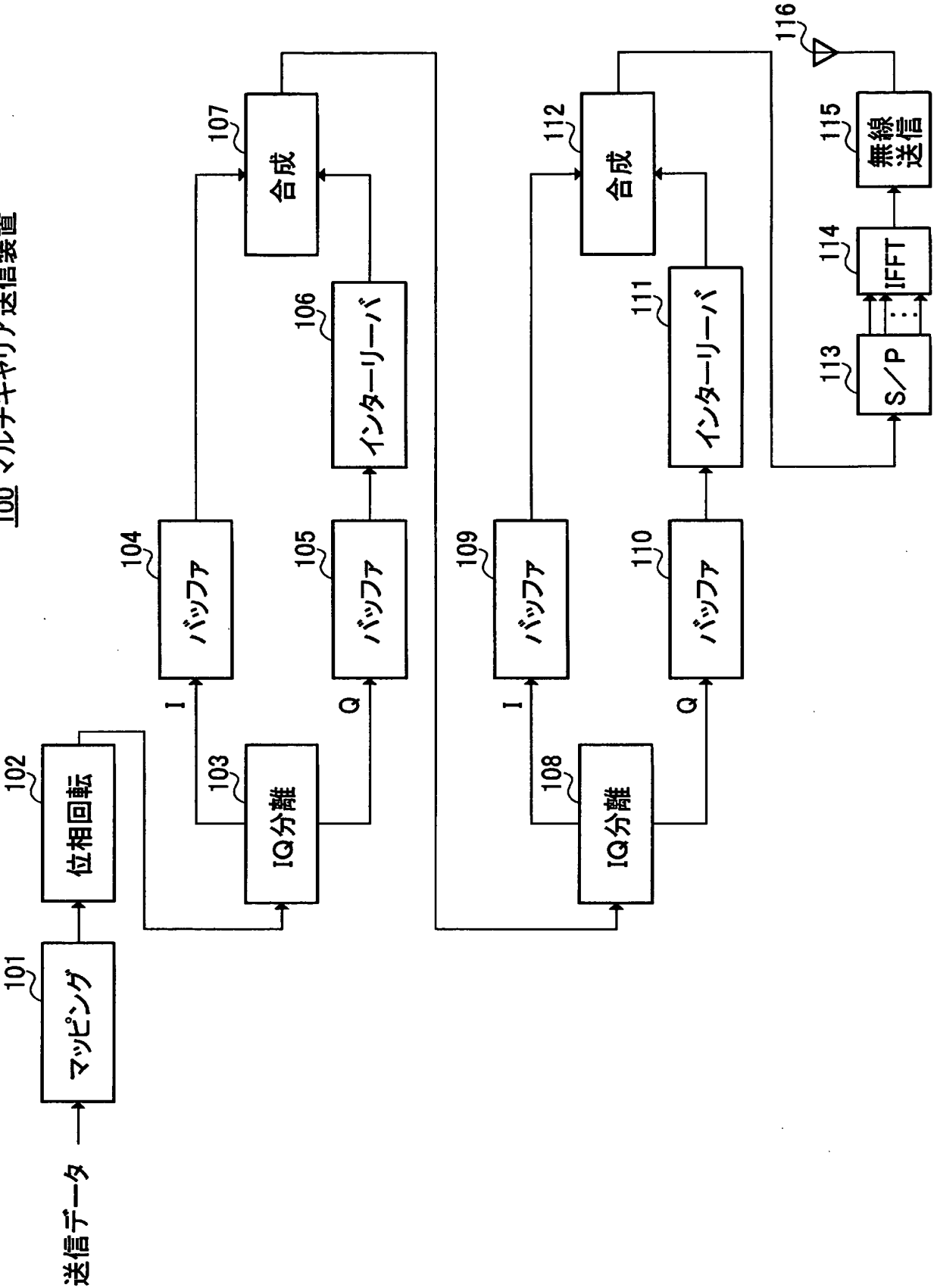
サブキャリア4

[図6]

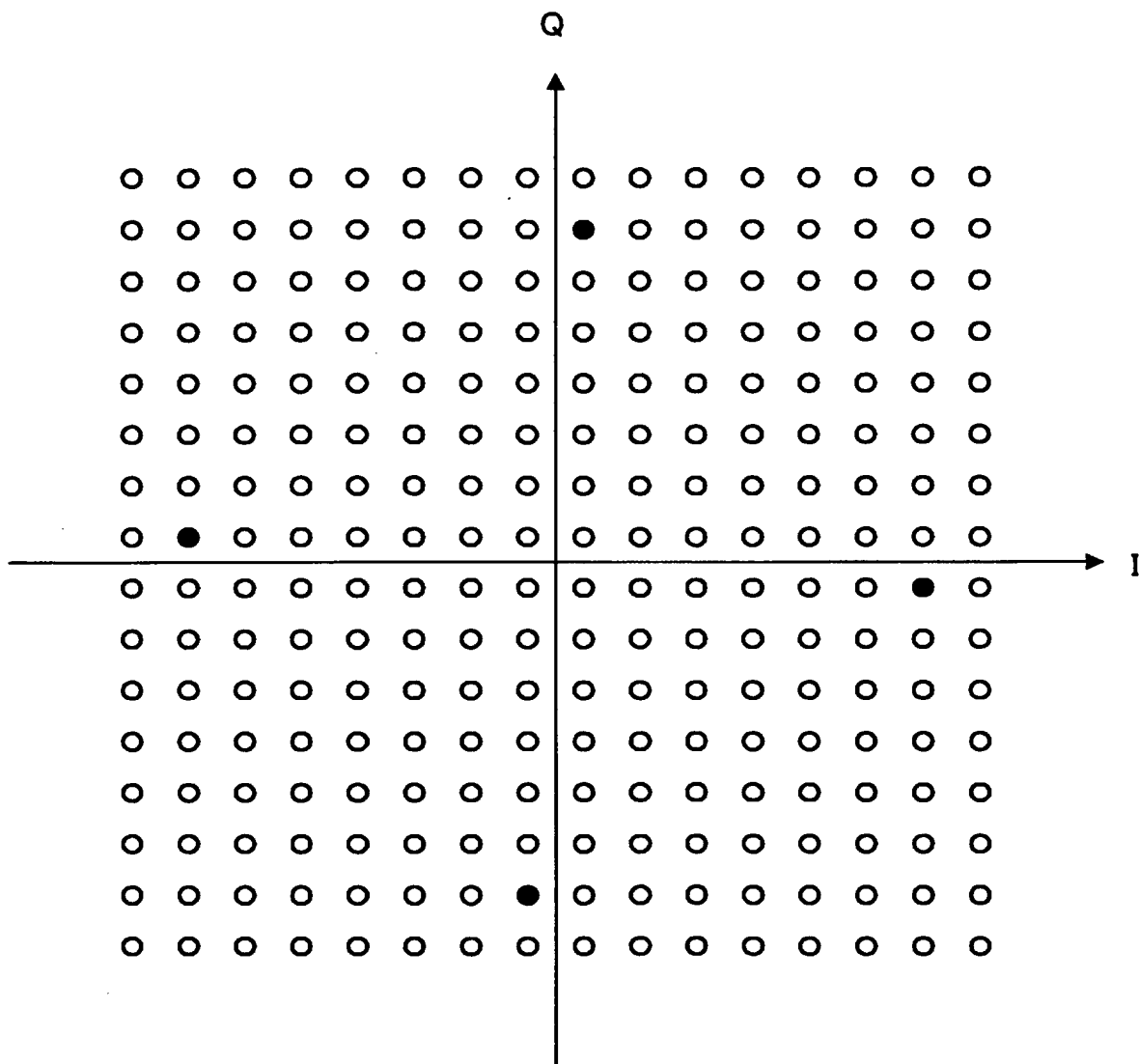


[図7]

100 マルチキャリア送信装置



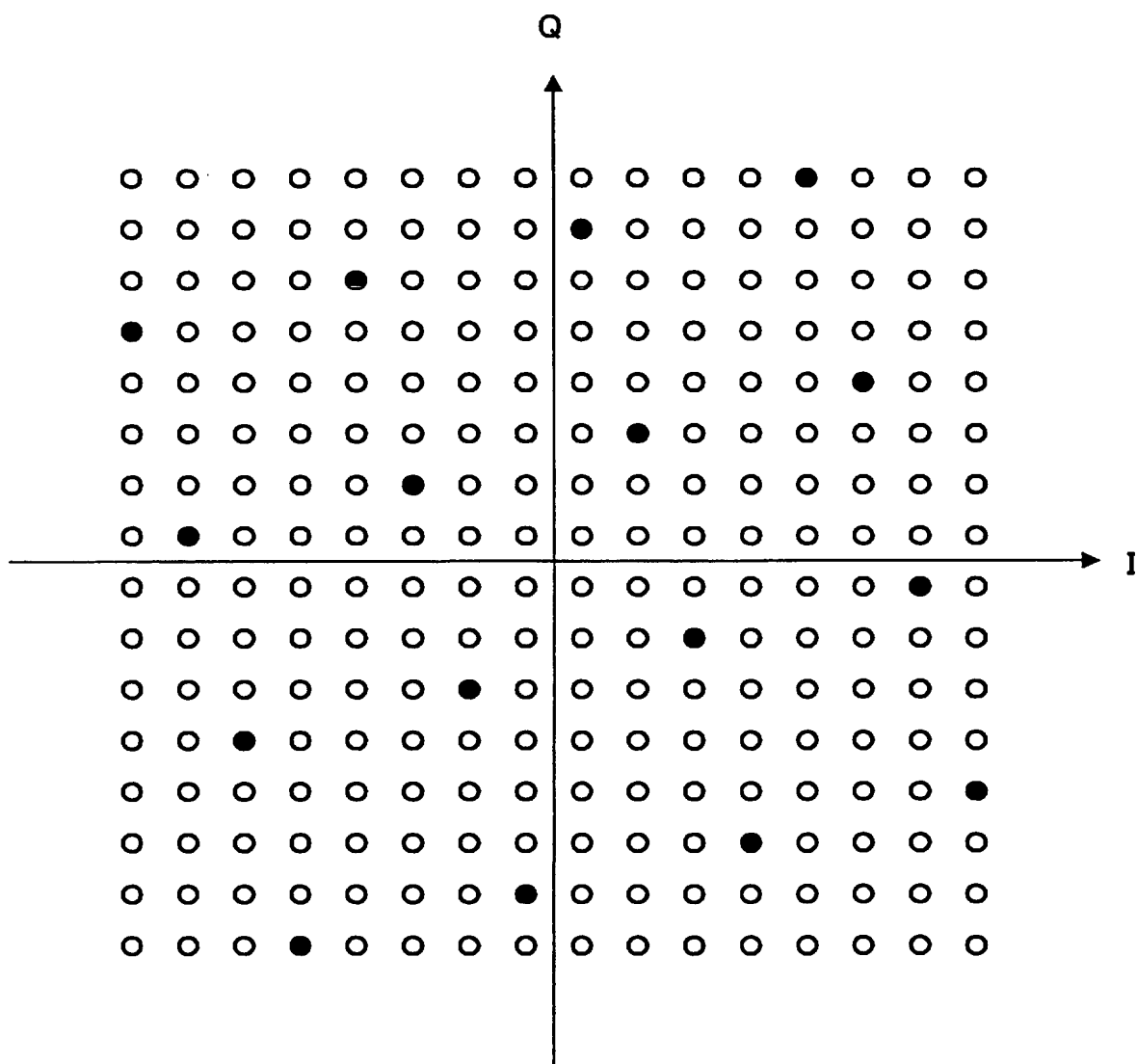
[図8]



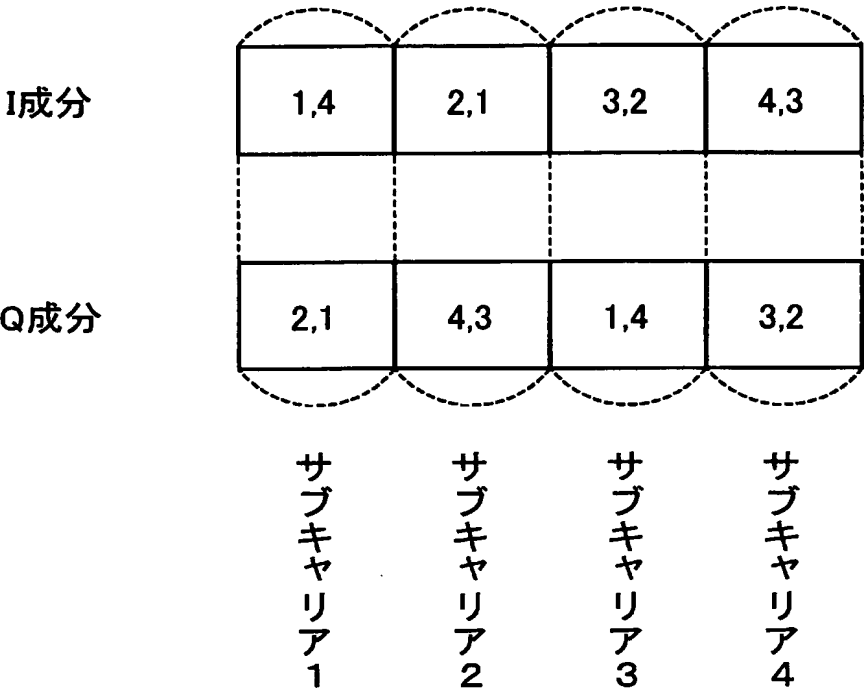
I成分

1	2	3	4
4	1	2	3

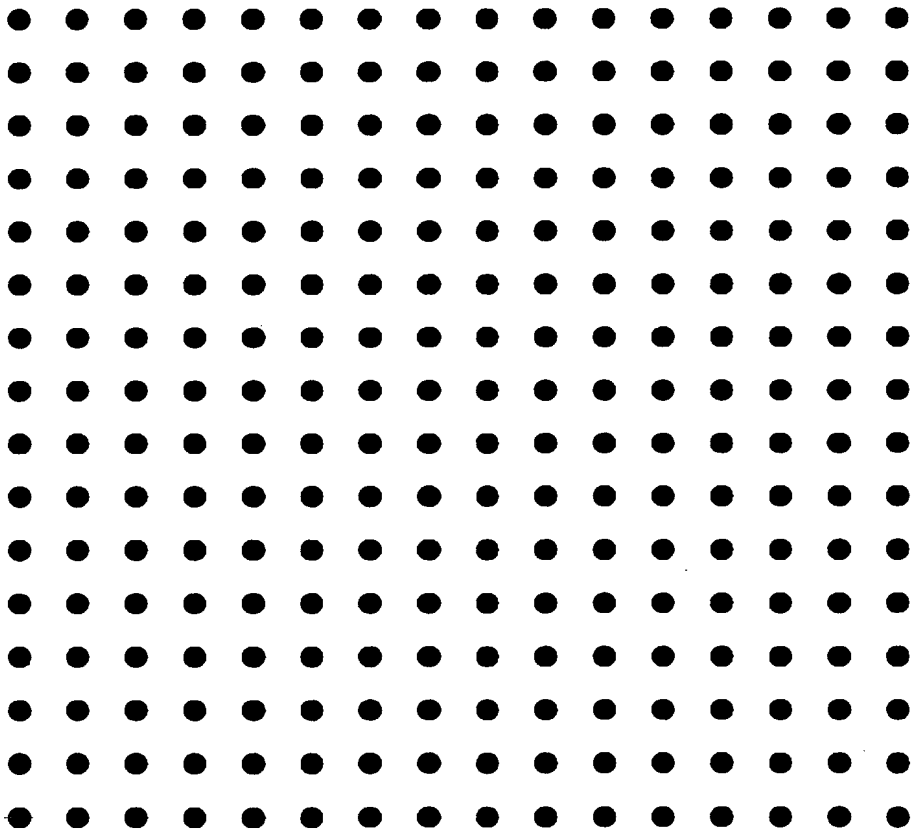
Q



[図11]

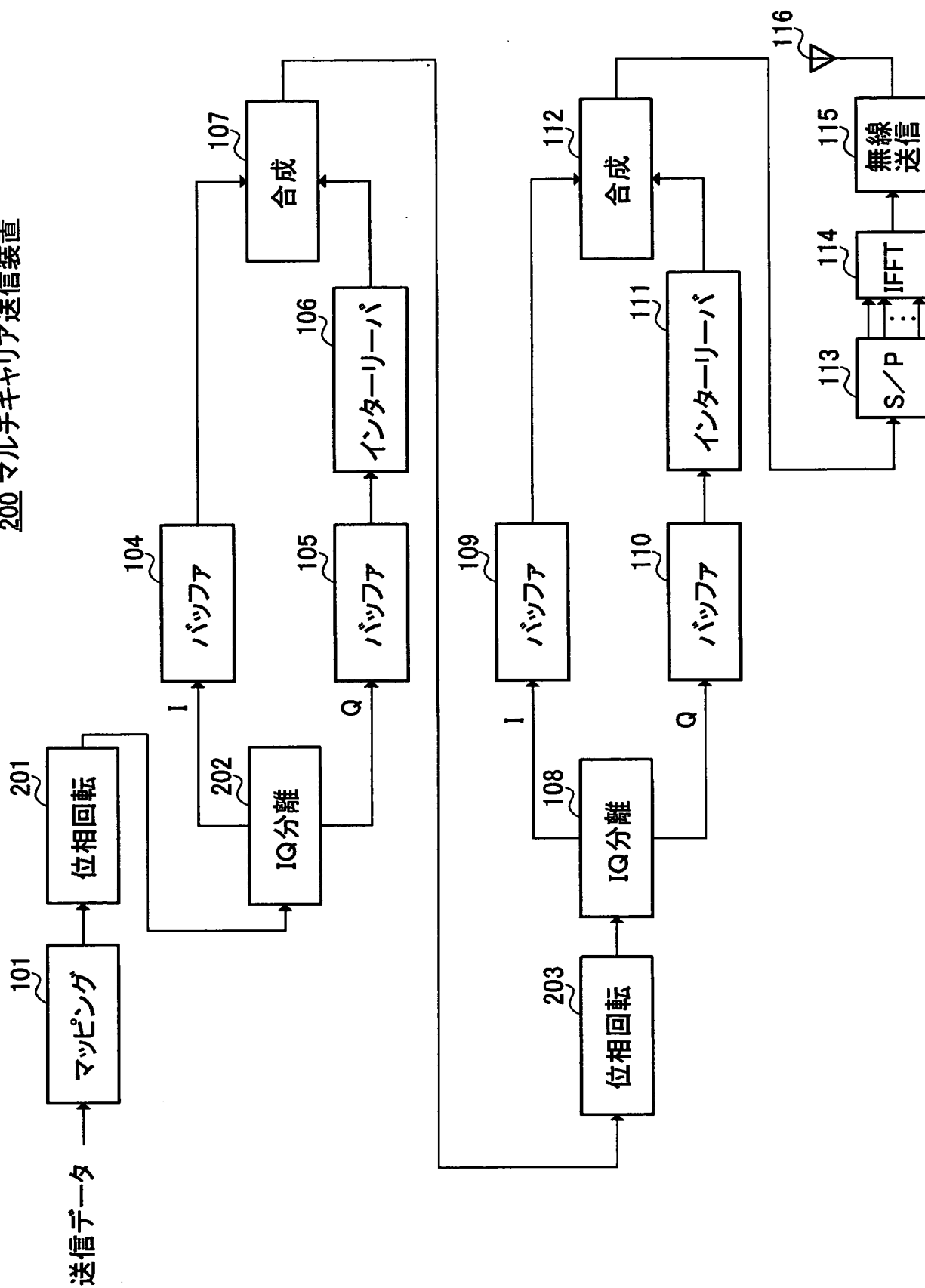


[図12]



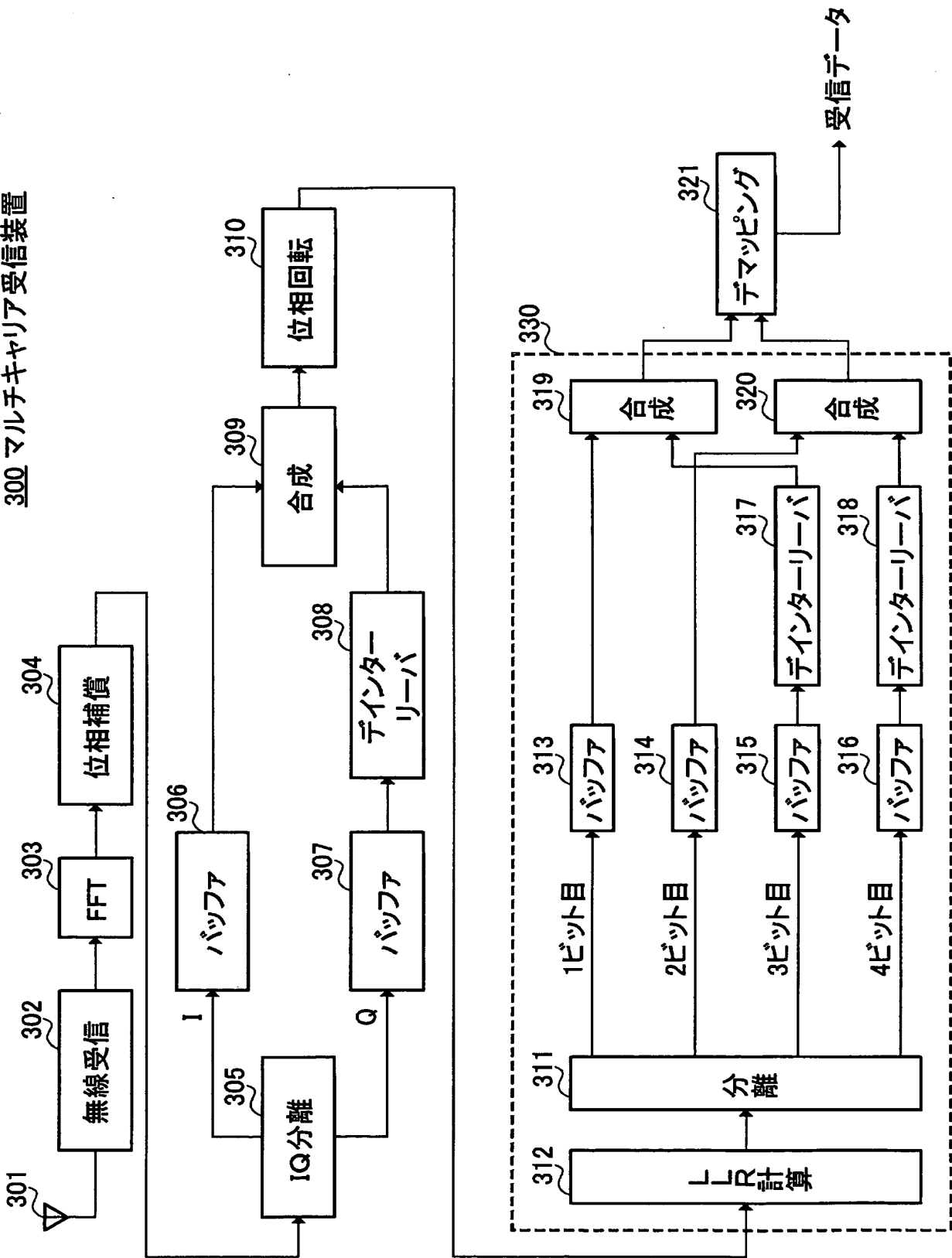
[図13]

200 マルチキャリア送信装置

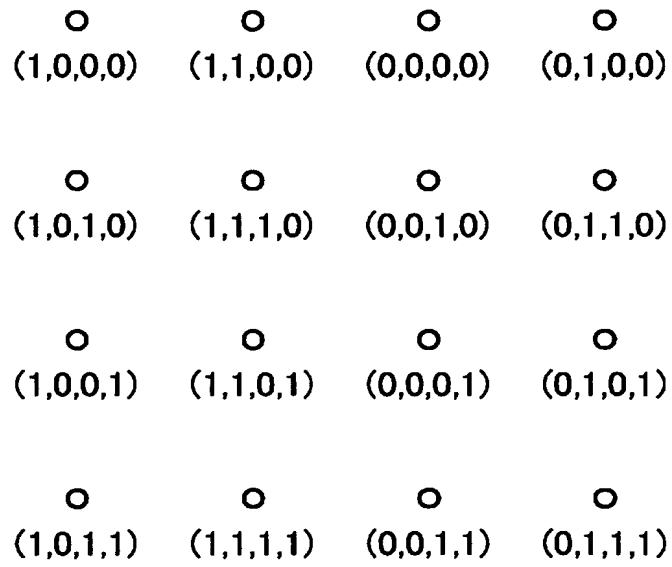


[図14]

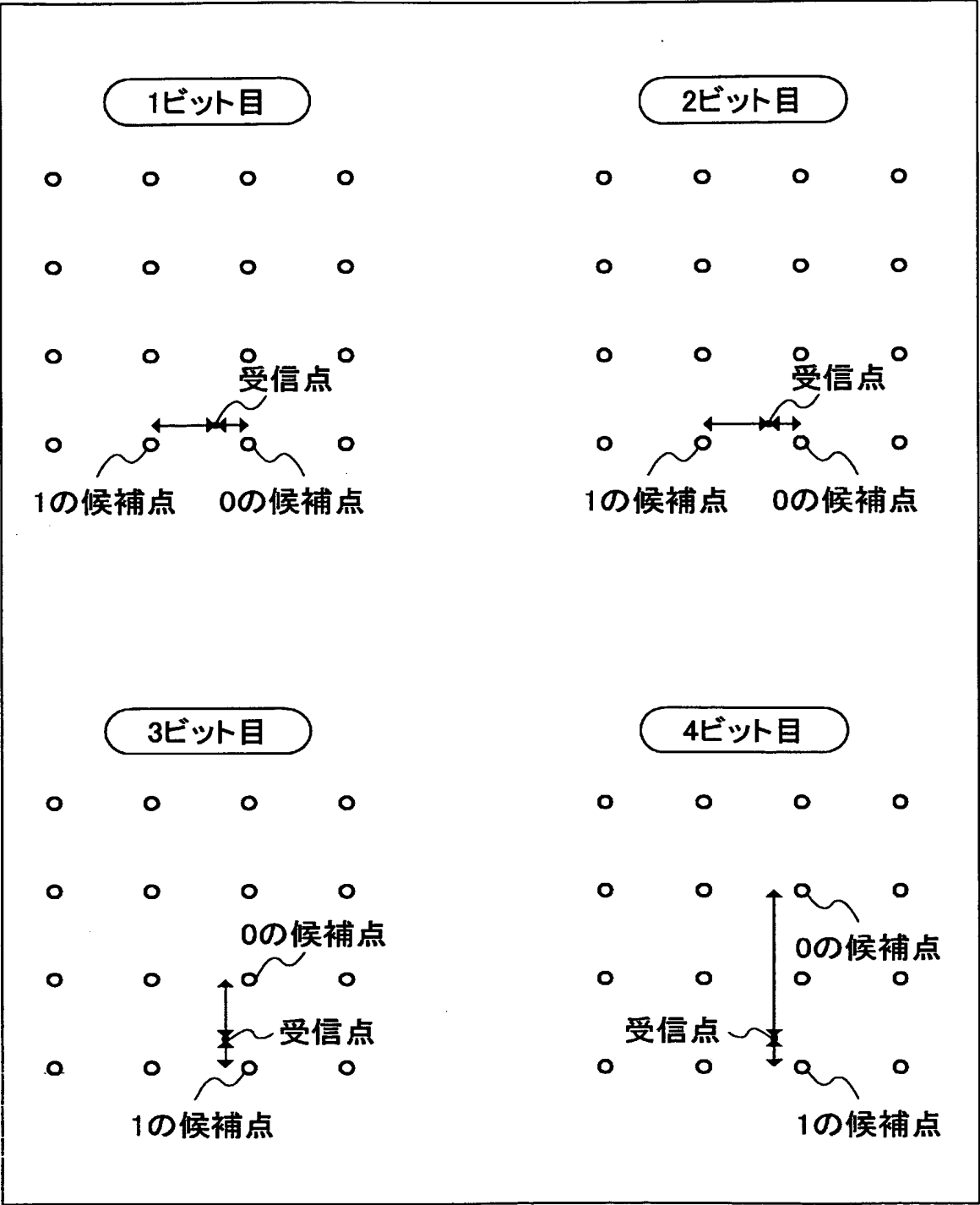
300 マルチキャリア受信装置



[図15]



[図16]



[図17]

